

明 細 書

発明の名称：

磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法および磁気ディスク用ガラス基板の製造方法、磁気ディスク用ガラスブランク、磁気ディスク用ガラス基板及び磁気ディスク

技術分野

[0001] 本発明は、磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法および磁気ディスク用ガラス基板の製造方法、磁気ディスク用ガラスブランク、磁気ディスク用ガラス基板及び磁気ディスクに関する。

背景技術

[0002] 今日、パーソナルコンピュータ、あるいはDVD (Digital Versatile Disc) 記録装置等には、データ記録のためにハードディスク装置(HDD: Hard Disk Drive)が内蔵されている。特に、ノート型パーソナルコンピュータ等の可搬性を前提とした機器に用いられるハードディスク装置では、ガラス基板に磁性層が設けられた磁気ディスクが用いられ、磁気ディスクの面上を僅かに浮上させた磁気ヘッド(DFH (Dynamic Flying Height)ヘッド)で磁性層に磁気記録情報が記録され、あるいは読み取られる。この磁気ディスクの基板として、金属基板(アルミニウム基板)等に比べて塑性変形し難い性質を持つことから、ガラス基板が好適に用いられる。

[0003] 磁気ヘッドは例えば磁気抵抗効果型素子を備えているが、このような磁気ヘッドに固有の障害としてサーマルアスペリティ障害を引き起こす場合がある。サーマルアスペリティ障害とは、磁気ディスクの微小な凹凸形状の主表面上を磁気ヘッドが浮上飛行しながら通過するときに、空気の断熱圧縮または接触により磁気抵抗効果型素子が加熱され、読み出しエラーを生じる障害である。そのため、サーマルアスペリティ障害を回避するため、磁気ディスク用ガラス基板の主表面の表面粗さ、平面度などの表面性状は良好なレベルとなるように作製されている。

[0004] 従来の板状ガラス（ガラスブランク）の製造方法としては、垂直ダイレクトプレス法が知られている。このプレス法は、下型上に溶融ガラスの塊を供給し、上型を使用して溶融ガラスの塊（溶融ガラス塊）をプレス成形する方法である（特許文献1）。また、滴下された溶融ガラスを滴下途中で水平方向に挟み込んでプレス成形する水平ダイレクトプレス法についても知られている（特許文献2、図4等）。

[0005] また、従来の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法としては、溶融ガラス塊をプレス成形することにより成形されたガラスブランクに対してアニール処理を施す方法が知られている。アニール処理は、プレス成形されたガラスブランクを、歪点以上且つガラス転移点(T_g)以下の所定温度で所定時間維持することにより、ガラスブランクの内部に生じた歪み（内部歪み）を開放するための処理である（特許文献3）。なお、歪点とは、ガラスの内部歪みが数時間で消失する温度であって、ガラスの粘度が約 $10^{14.5} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ に相当する温度である。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平11-255521号公報

特許文献2：特許4380379号公報

特許文献3：特開2008-287779号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、公知の垂直ダイレクトプレス法は、作製されるガラスブランクの表面うねりが悪いという問題がある。この理由は以下のとおりである。

垂直ダイレクトプレス法では、溶融ガラス塊のプレス成形が開始されると、溶融ガラス塊は、上型及び下型と接触することにより冷却されて固化することになる。このとき、上型及び下型それぞれのプレス成形面の中央部分で

は、その周りにも溶融ガラスが存在することによって、溶融ガラス塊の熱が成形面の周縁部分では、中央部分と比べて溶融ガラスと接触するプレス成形面の面積が相対的に広いことや、外形を規制しない場合は溶融ガラスと接触しない金型の外縁部分が存在すること等により、溶融ガラス塊の熱が拡散し易くなることから、プレス成形中にはプレス成形面内の温度差が大きくなる。これにより、プレス成形中には不均一な熱変形（熱膨張）がプレス成形面に生じることから、作製されるガラスプレスは、プレス成形面の熱変形が形状転写されることによって、主表面の表面うねりが大きくなる。従って、ガラスプレスの表面うねりが劣化していた。公知の水平タイププレス法についても同様の問題が生じていた。

[0008] また、上述したアニール処理を効率良く実施するためには、大型のアニール処理装置が必要になる。さらに、アニール処理を実施する場合には、ガラスプレスの温度を歪点付近に設定した状態を約15分間程度維持する必要がある。また、歪点への昇温処理及び歪点からの徐冷処理を含めると、約3～12時間の処理時間が必要となる。従って、アニール処理を実施して磁気歪みガラス用ガラス基板を製造した場合には、大型の設備と多くの時間とを要するので、磁気歪みガラス用ガラス基板の製造コストが増大する。このため、アニール処理を極力実施しないことが好ましい。

また、プレス成形時に内部歪みが生じたガラスプレスに対してアニール処理が行われた場合には、ガラスプレスの内部歪みが開放される一方で、内部歪みの開放によりガラスプレスが変形するため、ガラスプレスの平面度が劣化する。例えば、平面度が $4\mu\text{m}$ 以下になるようにプレス成形されたガラスプレスに対してアニール処理が行われたときに、プレス成形時にガラスプレスの内部歪みが残存していた場合には、アニール処理後のガラスプレスの平面度が $4\mu\text{m}$ より大きくなる場合がある。この場合、研削工程を実施して、ガラスプレスの平面度を $4\mu\text{m}$ 以下にする必要がある。

[0009] なお、磁気歪みガラスの記憶密度を高くするための磁気記録技術として近年

研究が進められている熱アシスト磁気記録方式(HAMR: Heat Assisted Magnetic Recording)では、L10規則構造を有する強磁性合金で構成された磁性層が、ガラス基板の主表面上に形成される場合がある。ここで、L10規則構造を形成するためには、高温の環境下での成膜処理及び／又は成膜処理後のアニール処理が必要となる。このときの温度は、ガラスの歪点に近い高温となる場合がある。このとき、ガラス基板の基となるガラスブランクに内部歪みが残存していた場合には、上記のアニール処理と同様に、高温環境下においてガラス基板の内部歪みが開放される一方で、ガラス基板の平面度が劣化し、場合によっては基板性能が要求に応えられないおそれがある。

従って、熱アシスト磁気記録方式に用いられる磁気ディスク用ガラス基板としては、内部歪みが小さい、または残存しないガラスブランクを基に製造されたものが好ましい。

[0010] 本発明の第1の目的は、プレス成形によって表面うねりが良好な磁気ディスク用ガラスブランクが得られる磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法および磁気ディスク用ガラス基板の製造方法を提供することである。

また、本発明の第2の目的は、アニール処理が行われることなく、内部歪みを低減することの可能な磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法及び磁気ディスク用ガラス基板の製造方法、並びに磁気ディスク用ガラスブランク、磁気ディスク用ガラス基板及び磁気ディスクを提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] 上述した観点から、本発明の第1の観点は、熔融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形して板状のガラス素材を得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、前記成形工程では、板状のガラス素材の表面うねりが30nm以内となるようにプレス成形面内の温度差を制御することを特徴とする。

[0012] 本発明の第2の観点は、熔融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形して板状のガラス素材を得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、前記成形工程では、前記熔融ガラスのプレス中における

る前記金型のプレス成形面内の温度差を低減するための均熱手段を用いて、
プレス成形を行うことを特徴とする。

なお、「プレス成形面内の温度差」とは、例えば、金型中央部と周縁部と
の温度差である。

[0013] 上記磁気ディスク用ガラスソックの製造方法において、好ましくは、前
記均熱手段は、前記プレス成形面を排熱及び／または加熱することにより、
プレス成形面内の温度差を低減することを特徴とする。

[0014] 上記磁気ディスク用ガラスソックの製造方法において、前記均熱手段は
、ヒートソックであることを特徴とする。

[0015] 上記磁気ディスク用ガラスソックの製造方法において、前記ヒートシン
クは、前記プレス成形面の裏面の少なくとも一部に設けられることを特徴と
する。

[0016] 上記磁気ディスク用ガラスソックの製造方法において、前記ヒートシン
クは、プレス成形中の溶融ガラスの中央部が周縁部よりも排熱量が大きくな
るように設けられていることを特徴とする。

[0017] 上記磁気ディスク用ガラスソックの製造方法において、前記成形工程で
は、落下中の前記溶融ガラスの塊を、その落下方向と直交する方向から前記
一對の金型を用いてプレス成形することを特徴とする。

[0018] 上記磁気ディスク用ガラスソックの製造方法において、前記成形工程で
は、前記金型のプレス成形面の温度が、前記一對の金型間で実質的に同一の
温度となるようにプレス成形することを特徴とする。

[0019] 上記磁気ディスク用ガラスソックの製造方法において、プレス成型後に
得られるガラスソックの $100^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ の熱膨張係数が $30\sim 100$
 $\times 10^{-7} (\text{K}^{-1})$ の範囲内であることを特徴とする。

[0020] 上記磁気ディスク用ガラスソックの製造方法において、前記金型のプレ
ス成形面の表面粗さは、面内で実質的に同一であることを特徴とする。

[0021] 本発明の第3の観点は、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、
上記磁気ディスク用ガラスソックの製造方法により製造されたガラスソック

ンクに対して、取り代50 μ m以下の研磨加工を施して磁気ディスク用ガラス基板を製造することを特徴とする。

[0022] 本発明の第4の観点は、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、上記磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法によって得られた磁気ディスク用ガラスブランクを用いて磁気ディスク用ガラス基板を製造することを特徴とする。

[0023] 本発明の第2の目的に関連して、本発明者らが鋭意研究を重ねた結果、発明者らは新たなプレス成形方法を考案した。すなわち、本実施形態のガラスブランクの製造方法では、落下中の溶融ガラス塊を、溶融ガラス塊の落下方向に対して直交する方向（水平方向）に対向配置された一对の金型（プレス成形型）によりプレス成形する水平ダイレクトプレス法を採用している。この水平ダイレクトプレス法において溶融ガラス塊は、プレス成形されるまでの間、従来の垂直ダイレクトプレス法とは異なり、溶融ガラス塊よりも温度の低い部材に一時的に接触・保持されない。このため、プレス成形の開始直前の時点において、垂直ダイレクトプレス法では溶融ガラス塊の内部の粘度分布がプレス成形時に非常に広がる。要するに、従来の垂直ダイレクトプレス法では、溶融ガラス塊が下型へ接触した後に上型が下降してプレスするので、上下の型が溶融ガラス塊と接触する時間に時間差がある。その結果、先行して下型に接触した溶融ガラス塊の下側部分は冷却されて粘度が高くなっているが、プレスの時点では溶融ガラス塊の上側部分は下側部分ほど冷却されずに粘度が低い状態である。そのため、溶融ガラス塊を均一に薄く延伸させることが困難である。また、同様の理由でプレス時に上下型で温度差が生ずるため、プレス後に得られるガラスブランクの平面度が悪化する。これに対して、水平ダイレクトプレスでは、左右の型が溶融ガラス塊が溶融ガラス塊に接触するタイミングに時間差がないまたは極めて短いため、溶融ガラス塊の粘度が均一な状態でプレスされる。よって、垂直ダイレクトプレス法と比べて、水平ダイレクトプレス法では、プレス成形される溶融ガラス塊を均一に薄く延伸させることが極めて容易である。したがって、結果的に、垂

直ダイレクトプレス法を利用してガラスブランクを作製した場合と比べて、水平ダイレクトプレス法を利用してガラスブランクを作製した場合では、平面度の低下を抜本的に抑制することが極めて容易である。

[0024] また、発明者らは、以下の知見を得た。

前述したように、一对の金型を用いた水平ダイレクトプレス法を利用することにより、作製されたガラスブランクの平面度は改善される。ここで、水平ダイレクトプレス法を利用した場合であっても、プレス成形時における金型のプレス成形面の中央部では、溶融ガラス塊の熱が籠り易くなるため、前記中央部に存在する溶融ガラスが冷却され難くなる。その一方で、プレス成形時における金型のプレス成形面の周縁部では、溶融ガラス塊の熱が拡散し易くなることから、前記周縁部に存在する溶融ガラスが冷却され易くなる。すなわち、プレス成形時には、プレス成形面の周縁部から中央部へ方向に沿って、溶融ガラスが固化していくと考えられる。これにより、プレス成形されたガラスブランクには、プレス成形面の周縁部から中央部へ方向に向かう残留応力による内部歪み（面内歪）が生じる。面内歪が生ずると、後工程でガラスのガラス転移点（ T_g ）または歪点に近くなるまで加熱処理がなされたときに歪が開放されて、平面度が悪化する虞がある。

そこで、発明者らは、プレス成形時における溶融ガラスの面内（例えば溶融ガラスの表面の周縁部と中央部）の温度差が低減するように前記溶融ガラスの冷却速度を制御すれば、溶融ガラスの面内を、内部歪みを生じさせることなくほぼ同時に固化させることができることを見出した。

[0025] そこで、本発明の第5の観点は、溶融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形することにより、板状のガラスブランクを得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、上記成形工程では、上記溶融ガラスの温度が当該ガラスのガラス転移点から歪点まで冷却される間における冷却速度が $-10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以内となるように、上記溶融ガラスの冷却温度を制御しながらプレス成形を行うことを特徴とする。

なお、例えば、1秒間当たりの温度の低下が 10°C のときに、「 $-10^{\circ}\text{C}/$

秒」と表記する。また、「冷却速度が $-10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以内」とは、1秒間当たりの温度の低下が 10°C よりも少ないことを意味する。

[0026] 本発明の第6の観点は、溶融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形することにより、板状のガラスブランクを得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、上記成形工程では、溶融ガラスの塊が、板状のガラスブランクに固化する際に生じる面内の歪を低減すべく、上記溶融ガラスの温度が当該ガラスのガラス転移点から歪点まで冷却される間における冷却速度を制御しながらプレス成形を行うことを特徴とする。

[0027] 本発明の第7の観点は、溶融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形することにより、板状のガラスブランクを得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、前記成形工程では、前記溶融ガラスのプレス中における前記溶融ガラスの面内の温度差が低減するように前記溶融ガラスの冷却速度を制御しながら、プレス成形を行うことを特徴とする。

[0028] 上記磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法において、好ましくは、前記一对の金型が閉じてから離間するまでの間、前記溶融ガラスの面内の温度差が低減するように前記溶融ガラスの冷却速度を制御しながら、プレス成形を行うことを特徴とする。

[0029] 上記磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法において、前記成形工程では、前記溶融ガラスのプレス中における前記溶融ガラスの温度がガラス転移点（ T_g ）から歪点になるまでの間、前記溶融ガラスの面内の温度差が低減するように前記溶融ガラスの冷却速度を制御しながら、プレス成形を行うことを特徴とする。

[0030] 上記磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法において、前記成形工程では、落下中の前記溶融ガラスの塊を、その落下方向と直交する方向から前記一对の金型を用いてプレス成形することを特徴とする。

[0031] 上記磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法において、前記成形工程では、前記溶融ガラスのプレス中における前記金型のプレス成形面の温度が実質的に均一な状態でプレス成形することを特徴とする。

- [0032] 上記磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法において、前記成形工程では、前記金型のプレス成形面の温度が、前記一对の金型間で実質的に同一の温度となるようにプレス成形することを特徴とする。
- [0033] 上記磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法において、ガラスブランクが金型に接触してから離れるまでの前記一对の金型の温度を、前記溶融ガラスのガラス転移点（ T_g ）未満の温度とすることを特徴とする。
- [0034] 上記磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法において、ガラス転移点（ T_g ）が 600°C 以上の溶融ガラスを用いて前記成形工程を行うことを特徴とする。
- [0035] 本発明の第8の観点は、溶融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形して板状のガラス素材を得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、前記成形工程では、板状のガラス素材の表面うねりが 30nm 以内となり、かつ上記溶融ガラスの温度が当該ガラスのガラス転移点から歪点まで冷却される間における冷却速度が $-10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以内となるように、上記溶融ガラスの冷却温度を制御しながらプレス成形を行うことを特徴とする。
- [0036] 本発明の第9の観点は、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法であって、上記磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法によって得られた磁気ディスク用ガラスブランクを用いて、アニール処理を行わずに磁気ディスク用ガラス基板を製造することを特徴とする。
- [0037] 本発明の第10の観点は、磁気ディスク用ガラス基板であって、上記磁気ディスク用ガラス基板の製造方法によって得られた磁気ディスク用ガラス基板であって、ガラス転移点（ T_g ）が 600°C 以上であることを特徴とする。
- [0038] 本発明の第11の観点は、磁気ディスクであって、上記磁気ディスク用ガラス基板の製造方法によって得られた磁気ディスク用ガラス基板を用いて製造されたことを特徴とする。

発明の効果

[0039] 本発明によれば、プレス成形によって表面うねりが良好な磁気ディスク用ガラスブランクおよび磁気ディスク用ガラス基板を製造することができる。

図面の簡単な説明

[0040] [図1]実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の外観形状を示す斜視図。

[図2]実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一実施形態のフローを示す図。

[図3]実施形態のプレス成形において用いられる装置の平面図。

[図4]実施形態のプレス成形において用いられる装置4組のプレスユニットの配置を示す図。

[図5]ゴブ形成型を用いた実施形態のプレス成形の変形例を示す図。

[図6]切断ユニットを用いないようにした、実施形態のプレス成形の変形例を示す図。

[図7]軟化炉で加熱した光学ガラスを用いた実施形態のプレス成形の変形例を示す図。

[図8]実施形態のプレス成形において用いられる均熱あるいは排熱手段の変形例を示す図。

[図9]実施形態のプレス成形におけるゴブの温度の経時的変化の一例を示す図。

発明を実施するための形態

[0041] <第1の実施形態>

以下、本実施形態の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法および磁気ディスク用ガラス基板の製造方法について詳細に説明する。

[0042] [磁気ディスク用ガラス基板]

図1に示すように、本実施形態における磁気ディスク用ガラス基板1は、円環状の薄板のガラス基板である。磁気ディスク用ガラス基板のサイズは問わないが、例えば、公称直径2.5インチの磁気ディスク用ガラス基板として好適である。公称直径2.5インチの磁気ディスク用ガラス基板の場合、例えば、外径が65mm、中心穴2の径が20mm、板厚Tが0.6~1.

0 m mである。実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の主表面の平面度は例えば4 μ m以下であり、主表面の表面粗さ(算術平均粗さR_a)は例えば0.2 μ m以下である。なお、最終製品である磁気ディスク用基板に求められる平面度は、例えば4 μ m以下である。

[0043] 本実施形態における磁気ディスク用ガラス基板の材料として、アルミニウムシリケートガラス、ソーダライムガラス、フロシリケートガラスなどをを用いることができる。特に、化学強化を施すことができ、また主表面の平面度及び基板の強度において優れた磁気ディスク用ガラス基板を作製することができるという点で、アモルファスのアルミニウムシリケートガラスを好適に用いることができる。

[0044] 本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の組成を限定するものではないが、本実施形態のガラス基板は好ましくは、酸化物基準に換算し、モル%表示で、SiO₂を50～75%、Al₂O₃を1～15%、Li₂O、Na₂O及びK₂Oから選択される少なくとも1種の成分を合計で5～35%、MgO、CaO、SrO、BaO及びZnOから選択される少なくとも1種の成分を合計で0～20%、ならびにZrO₂、TiO₂、La₂O₃、Y₂O₃、Ta₂O₅、Nb₂O₅及びHfO₂から選択される少なくとも1種の成分を合計で0～10%、有する組成からなるアモルファスのアルミニウムシリケートガラスである。

なお、プレス時の面内歪を低減するためには、ガラス転移点(T_g)が60.0℃以上のガラスが好ましく、65.0℃以上であるより好ましい。これは、ガラス転移点(T_g)が高いほど熔融状態から固化するまで(T_g付近)の時間が短く、かつ冷却速度が速い傾向にあるため、「金型面内の温度差」の影響を大きく受けてしまうためであり、このようなガラスを使用する場合に特に、本実施形態の製造方法を適用することが好ましいためである。

また、本実施形態のガラス基板では、熱膨張係数が5.0×10⁻⁷(K⁻¹)以上のガラスである好ましく、8.0×10⁻⁷(K⁻¹)以上のガラスであるより好ましい。これは、熱膨張係数が大きいほど温度変化による変形が大き

歪が生じやすいため、熱膨張係数が低い場合よりも、プレス時の面内歪を低減する本実施形態の方法を適用することが好ましいためである。

なお、本実施形態（第1の実施形態についても同様）では水平プレスを用いるため幅広い範囲の粘度のガラスをプレス成形することが可能であるが、特に高い粘度のガラスに好適である。これは、鉛直方向に落下する途中でプレスするため、粘度が比較的高いガラスの方が真円度が良好となるためである。具体的には、500ポアズ以上であることが好ましい。なお、2000ポアズ以上になると薄板化が困難となるため好ましくない。

[0045] [実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法]

次に、図2を参照して、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法のフローを説明する。図2は、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一実施形態のフローを示す図である。

図2に示すように、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法では先ず、円板上のガラスブランクをプレス成形により作製する（ステップS10）。次に、成形されたガラスブランクをスクライブして、円環状のガラス基板を作製する（ステップS20）。次に、スクライブされたガラス基板に対して形状加工（チャンファリング加工）を行う（ステップS30）。次に、ガラス基板に対して固定砥粒による研削を施す（ステップS40）。次に、ガラス基板の端面研磨を行う（ステップS50）。次に、ガラス基板の主表面に第1研磨を施す（ステップS60）。次に、第1研磨後のガラス基板に対して化学強化を施す（ステップS70）。次に、化学強化されたガラス基板に対して第2研磨を施す（ステップS80）。以上の工程を経て、磁気ディスク用ガラス基板が得られる。

以下、各工程について、詳細に説明する。

[0046] (a) プレス成形工程（ステップS10）

先ず図3を参照して、プレス成形工程について説明する。図3は、プレス成形において用いられる装置の平面図である。図3に示されるように、装置101は、4組のプレスユニット120、130、140、150と、切断

ユニット１６０と、切断刃１６５（図２には不図示）を備える。切断ユニット１６０は、溶融ガラス流出口１１１から流出する溶融ガラスの経路上に設けられる。装置１０１は、切断ユニット１６０によって切断されてできる溶融ガラスの塊（以降、ゴブともいう）を落下させ、そのとき、塊の落下経路の両側から、互いに対向する一对の型の面で塊を挟み込みプレスすることにより、ガラスブランクを成形する。

具体的には、図４に示されるように、装置１０１は、溶融ガラス流出口１１１を中心として、４組のプレスユニット１２０、１３０、１４０及び１５０が９０度おきに設けられている。

[0047] プレスユニット１２０、１３０、１４０及び１５０の各々は、図示しない移動機構によって駆動されて、溶融ガラス流出口１１１に対して進退可能となっている。すなわち、溶融ガラス流出口１１１の真下に位置するキャッチ位置（図３においてプレスユニット１４０が実線で描画されている位置）と、溶融ガラス流出口１１１から離れた退避位置（図３において、プレスユニット１２０、１３０及び１５０が実線で描画されている位置及び、プレスユニット１４０が破線で描画されている位置）との間で移動可能となっている。

[0048] 切断ユニット１６０は、キャッチ位置（プレスユニットによるゴブの捕獲位置）と溶融ガラス流出口１１１との間の溶融ガラスの経路上に設けられ、溶融ガラス流出口１１１から流出される溶融ガラスを適量に切り出して溶融ガラスの塊を形成する。切断ユニット１６０は、一对の切断刃１６１及び１６２を有する。切断刃１６１及び１６２は、一定のタイミングで溶融ガラスの経路上で交差するよう駆動され、切断刃１６１及び１６２が交差したとき、溶融ガラスが切り出されてゴブが得られる。得られたゴブは、キャッチ位置に向かって落下する。

[0049] プレスユニット１２０は、第１の型１２１、第２の型１２２、第１駆動部１２３、第２駆動部１２４及び均熱部１２５を有する。第１の型１２１と第２の型１２２の各々は、ゴブをプレス成形するための面（プレス成形面）を

有するプレート状の部材である。プレス成形面は例えば円形とすることができる。この2つの面の法線方向が略水平方向となり、この2つの面が互いに平行に対向するよう配置されている。なお、第1の型121及び第2の型122は、それぞれプレス成形面を有していればよく、各型121、122の形状がプレート状に限定されることはない。

第1駆動部123は、第1の型121を第2の型122に対して進退させる。一方、第2駆動部124は、第2の型122を第1の型121に対して進退させる。第1駆動部123及び第2駆動部124は、例えばエアシリンダやソレノイドとコイルばねを組み合わせた機構など、第1駆動部123の面と第2駆動部124の面とを急速に近接させる機構を有する。

均熱部125は、ゴブのプレス成形中における第1及び第2の型121、122それぞれのプレス成形面内において熱の移動を生じさせやすくすることで、プレス成形面内の温度差を低減する。均熱部125は、例えばヒートシンクであって、均熱手段の一例である。この均熱部125は、第1及び第2の型121、122のプレス成形面の裏全面に接するように設けられている。また、均熱部125は、第1及び第2の型121、122より高い熱伝導率を有する部材から構成されていることが好ましい。例えば、第1及び第2の型121、122が超硬合金（例えばVM40）から構成されている場合には、均熱部125は、銅、銅合金、アルミニウム又はアルミニウム合金等から構成されてよい。均熱部125が、第1及び第2の型121、122より高い熱伝導率を有することにより、第1及び第2の型121、122の熱を効率良く外部に排出することが可能になる。なお、超硬合金（VM40）の熱伝導率は71（W/m・K）、銅の熱伝導率は400（W/m・K）である。均熱部125を構成する部材は、第1及び第2の型121、122を構成する金属の熱伝導率、硬度、厚み寸法等に応じて適宜選択されてよい。また、第1及び第2の型121、122は、プレスに耐えうる強度が必要であるため、均熱部125と一体化せずに形成されることが好ましい。

また、冷却作用を有する液体や気体等の流路等から構成される排熱機構及

び／又はヒータ等の加熱機構を、金型の内周面（円筒形状の金型の内側の面）内の温度差を低減するための均熱手段として構成してもよい。

なお、プレスユニット１３０、１４０及び１５０の構造は、プレスユニット１２０と同様であるため、説明は省略する。

[0050] プレスユニットの各々は、キャッチ位置に移動した後、第１駆動部と第２駆動部の駆動により、落下するゴブを第１の型と第２の型の間で挟み込んで所定の厚さに成形すると共に急速冷却し、円形状のガラスブランクＧを作製する。なお、荷重（プレス圧力）は、２０００～１５０００ｋｇｆとすることが好ましい。この範囲内であれば加速度を十分に得て短時間でのプレスが可能となるため、ガラス材料の組成によらず磁気ディスク用ガラスブランク向けに好適な板厚に成形することができる。つぎに、プレスユニットは退避位置に移動した後、第１の型と第２の型を引き離し、成形されたガラスブランクＧを落下させる。プレスユニット１２０、１３０、１４０及び１５０の退避位置の下には、第１コンベア１７１、第２コンベア１７２、第３コンベア１７３及び第４コンベア１７４が設けられている。第１～第４コンベア１７１～１７４の各々は、対応する各プレスユニットから落下するガラスブランクＧを受け止めて図示しない次工程の装置にガラスブランクＧを搬送する。

[0051] 装置１０１では、プレスユニット１２０、１３０、１４０及び１５０が、順番にキャッチ位置に移動して、ゴブを挟み込んで退避位置に移動するように構成されているため、各プレスユニットでのガラスブランクＧの冷却を待たずに、連続的にガラスブランクＧの成形を行うことができる。

[0052] 図４（ａ）～（ｃ）は、装置１０１を用いたプレス成形をより具体的に説明している。図４（ａ）は、ゴブを作る以前の状態を示す図であり、図４（ｂ）は、切断ユニット１６０によってゴブが作られた状態を示す図であり、図４（ｃ）は、ゴブをプレスすることによりガラスブランクＧが成形された状態を示す図である。

[0053] 図４（ａ）に示されるように、溶融ガラス流出口１１１から、溶融ガラス

材料 L_g が連続的に流出される。このとき、所定のタイミングで切断ユニット 160 を駆動し、切断刃 161 及び 162 によって溶融ガラス材料 L_g を切断する(図4 (b))。これにより、切断された溶融ガラスは、その表面張力によって、概略球状のゴブ G_g となる。溶融ガラス材料 L_g の時間当たりの流出量及び切断ユニット 160 の駆動間隔の調整は、目標とするガラスブランク G の大きさ、板厚から定まる体積に応じて適宜行われてよい。

[0054] 作られたゴブ G_g は、プレスユニット 120 の第1の型 121 と第2の型 122 の隙間に向かって落下する。このとき、ゴブ G_g が第1の型 121 と第2の型 122 の隙間に入るタイミングで、第1の型 121 と第2の型 122 が互いに近づくように、第1駆動部 123 及び第2駆動部 124 (図4参照)が駆動される。これにより、図4 (c) に示されるように、第1の型 121 と第2の型 122 の間にゴブ G_g が捕獲(キャッチ)される。さらに、第1の型 121 の内周面(プレス成形面) 121 a と第2の型 122 の内周面(プレス成形面) 122 a とが、微小な間隔にて近接した状態になり、第1の型 121 の内周面 121 a と第2の型 122 の内周面 122 a の間に挟み込まれたゴブ G_g が、薄板状に成形される。なお、第1の型 121 の内周面 121 a と第2の型 122 の内周面 122 a の間隔を一定に維持するために、第1の型 121 の内周面 121 a および第2の型 122 の内周面 122 a にはそれぞれ、突起 121 b および突起 122 b が設けられる。すなわち、突起 121 b および突起 122 b が当接することによって、第1の型 121 の内周面 121 a と第2の型 122 の内周面 122 a の間隔は一定に維持されて、板状の空間が作られる。ここで、図4 (c) に示されるように、ゴブ G_g から各内周面 121 a, 122 a それぞれの中央部に伝わる熱は、図中矢印で示す熱の流れに従い、均熱部 125 を介して外部に排出される。

このプレス成形工程で一对の金型 121, 122 を用いてプレス成形するが、本実施形態におけるプレス成形では、ガラスブランクの外形は金型の形状によって規制されない。すなわち、図4 (c) に示すように、閉型により引き伸ばされたゴブが型の突起 121 b, 122 b まで到達することはない

。

[0055] 第1の型121及び第2の型122には、図示しない温度調節機構が設けられており、第1の型121及び第2の型122の温度は、溶融ガラス L_6 のガラス転移点(T_g)よりも十分に低い温度に保持されている。なお、温度調節機構を、均熱手段として構成してもよい。

また、プレス成形工程において、第1の型121及び第2の型122に離型材を付着させる必要はない。

[0056] なお、ゴブ G_6 をプレス成形する際の第1の型121の内周面121a及び第2の型122の内周面122aそれぞれの中央部と周縁部との温度差（プレス成形面内の温度差）が小さいほど、プレス成形後に得られるガラスブランクの表面うねりは良好なものとなる。特に、内周面121a、122aそれぞれの中央部分に篋り易くなるゴブ G_6 からの熱を効率良く外部に排出することにより、温度差を小さくすることが好ましい。これは、プレス成形時における第1の型121の内周面121aの内部及び第2の型122の内周面122aの内部それぞれの温度差を小さくすれば、内周面121a、122aの変形度が内周面121a、122a内の中央部分と周縁部分とで同一になることから、不均一な熱変形が内周面121a、122aに生じるのを防ぐことができ、作製されるガラスブランクの表面うねりを良好にすることができるためである。

そこで、ガラスブランクのプレス中における内周面121a、122aそれぞれの内部の温度差を、均熱部125を用いて低減することで、磁気ディスク用ガラス基板に要求される表面うねりを実現することができる。例えば、磁気ディスク用ガラス基板に要求される表面うねりを10nmとしたならば、各内周面121a、122aそれぞれの中央部と周縁部との温度差を1℃以内とした状態でプレス成形を行うことが好ましい。中央部と周縁部との温度差が0℃であるときに作製されるガラスブランクの表面うねりが最も良好となるが、上記温度差は、磁気ディスク用ガラス基板に要求される表面うねりに応じて適宜決定してよい。

なお、内周面の内部の温度差は、型の内周面の表面から型の内部に 1 mm 移動した地点であって、内周面の中央部及び複数の周縁部のそれぞれに対応する地点（例えば、直径 75 mm のガラスブランクの中心位置に対応する地点と、その地点を中心とする半径約 30 mm の円周上の上下左右 4 つの地点）で、熱電対を用いて計測するときの中央部と各周縁部との温度の差分のうち最大となる温度の差分である。また、温度を測定するタイミングは、第 1 の型 121 と第 2 の型 122 をプレス成形後に離型する時点のタイミングである。

[0057] なお、磁気ディスク用ガラス基板に要求される平面度に応じて、一对の金型間の温度差は、以下の観点から決定することができる。

本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板は、最終製品である磁気ディスクとして、ハードディスク装置内で熱膨張係数の高い金属製のスピンドルに軸支されて組み込まれるため、磁気ディスク用ガラス基板の熱膨張係数もスピンドルと同程度に高いことが好ましい。このため、磁気ディスク用ガラス基板の熱膨張係数が高くなるように磁気ディスク用ガラス基板の組成は定められている。磁気ディスク用ガラス基板の熱膨張係数は、例えば、 $30 \sim 100 \times 10^{-7} \text{ (K}^{-1}\text{)}$ の範囲内であり、好ましくは、 $50 \sim 100 \times 10^{-7} \text{ (K}^{-1}\text{)}$ の範囲内である。上記熱膨張係数は、磁気ディスク用ガラス基板の温度 100 度と温度 300 度における線膨張率を用いて算出される値である。熱膨張係数は、例えば $30 \times 10^{-7} \text{ (K}^{-1}\text{)}$ 未満または 100×10^{-7} より大きい場合、スピンドルの熱膨張係数との差が大きくなり好ましくない。この点から、熱膨張係数が高い磁気ディスク用ガラス基板を作製する際、上記プレス成型工程においてガラスブランクの主表面周りの温度条件を揃える。一例として、第 1 の型 121 の内周面 121a と第 2 の型 122 の内周面 122a の温度が実質的に同一になるように温度管理をすることが好ましい。実質的に温度が同一となるように温度管理される場合、例えば、温度差は 5 度以下であることが好ましい。上記温度差は、より好ましくは 3 度以下であり、特に好ましくは 1 度以下である。

金型間の温度差は、第1の型121の内周面121aおよび第2の型122の内周面122aのそれぞれの表面から型の内部に1mm移動した地点であって、内周面121aおよび内周面122aの互いに対向する地点（例えば、ガラスブランクの中心位置に対応する地点や内周面121aおよび内周面122aの中心点）で、熱電対を用いて計測するときの温度の差分である。

[0058] 装置101では、ゴブG₆が第1の型121の内周面121a又は第2の型122の内周面122aに接触してから、第1の型121と第2の型122とがゴブG₆を完全に閉じ込める状態になるまでの時間は0.1秒以内（約0.06秒）と極めて短い。このため、ゴブG₆は極めて短時間の内に第1の型121の内周面121a及び第2の型122の内周面122aに沿って広がって略円形状に成形され、さらに、急激に冷却されて非晶質のガラスとして固化する。これによって、ガラスブランクGが作製される。なお、本実施形態において成形されるガラスブランクGの大きさは、目的とする磁気ディスク用ガラス基板の大きさにもよるが、例えば、直径20～200mm程度である。

[0059] また、本実施形態のプレス成形方法では、第1の型121の内周面121a及び第2の型122の内周面122aが形状転写された形でガラスブランクGが形成されるため、一对の型の内周面の平面度および平滑性は、目的とする磁気ディスク用ガラス基板のそれと同等なものとしておくことが好ましい。この場合、プレス成形後に、ガラスブランクGに対する表面加工工程、すなわち研削および研磨工程は不要とすることができる。すなわち、本実施形態のプレス成形方法において成形されるガラスブランクGは、最終的に得られる磁気ディスク用ガラス基板の目標板厚と同一の板厚であってよい。例えば、ガラスブランクGは、厚さ0.2～1.1mmの円形状の板である。内周面121a及び内周面122aの表面粗さは面内で実質的に同一であり、ガラスブランクGの算術平均粗さR_aが0.001～0.1μmとなるように、好ましくは、0.0005～0.05μmとなるように調整される。

ガラスブランクGの表面粗さは、内周面121a及び内周面122aの表面性状が形状転写されるため、面内で同一の表面粗さとなる。

なお、金型の成形面内で表面粗さが異なると、粗さが変化する場所がきっかけとなってプレスによる均一な延伸が阻害されて、例えばスジのような欠陥が生じる原因となる。

[0060] 第1の型121と第2の型122が閉じられた後、プレスユニット120は速やかに退避位置に移動し、代わりに、他のプレスユニット130がキャッチ位置に移動し、このプレスユニット130によって、ゴブG₆のプレスが行われる。

[0061] プレスユニット120が退避位置に移動した後、ガラスブランクGが十分に冷却されるまで(少なくとも屈服点よりも低い温度となるまで)、第1の型121と第2の型122は閉じた状態を維持する。この後、第1駆動部123及び第2駆動部124が駆動されて第1の型121と第2の型122が離間し、ガラスブランクGは、プレスユニット120を離れて落下し、下部にあるコンベア171に受け止められる(図3参照)。

[0062] なお、図4に示す例では、切断刃161及び162を用いて、流出する溶融ガラスL₆を切断することによって略球状のゴブG₆が形成される。しかしながら、溶融ガラス材料L₆の粘度が、切り出そうとするゴブG₆の体積に対して小さい場合は、溶融ガラスL₆を切断するのみでは切断されたガラスが略球状とはならず、ゴブが作れない。このような場合は、ゴブを作るためのゴブ形成型を用いる。

[0063] 図5(a)～(c)は、図4に示す実施形態の変形例を説明する図である。この変形例ではゴブ形成型を用いる。図5(a)は、ゴブを作る前の状態を示す図であり、図5(b)は、切断ユニット160及びゴブ形成型180によってゴブG₆が作られた状態を示す図であり、図5(c)は、ゴブG₆をプレス成形してガラスブランクGが作られた状態を示す図である。

図5(a)に示すように、プレスユニット120は、ブロック181, 182を溶融ガラスL₆の経路上で閉じることにより溶融ガラスL₆の経路が塞が

れ、ブロック 181, 182 で作られる凹部 180C で、切断ユニット 160 で切断された溶融ガラス L_g の塊が受け止められる。この後、図 5 (b) に示すように、ブロック 181, 182 が開かれることにより、凹部 180C において球状となった溶融ガラス L_g が一度にプレスユニット 120 に向けて落下する。この落下時、ゴブ G_g は、溶融ガラス L_g の表面張力により球状になる。球状のゴブ G_g は、落下途中、図 5 (c) に示すように、第 1 の型 121 と第 2 の型 122 とに挟まれてプレス成形されることにより、円形状のガラスブランク G が作製される。

[0064] あるいは、図 6 (a) ~ (d) に示すように、装置 101 は、図 5 (a) ~ (c) に示す切断ユニット 160 を用いずに、ゴブ成型型 180 を、溶融ガラス L_g の経路に沿って上流側方向あるいは下流側方向に移動させる移動機構を用いてもよい。図 6 (a) ~ (d) は、ゴブ成型型 180 を使用する変形例を説明する図である。図 6 (a), (b) は、ゴブ G_g が作られる前の状態を示す図であり、図 6 (c) は、ゴブ成型型 180 によってゴブ G_g が作られた状態を示す図であり、図 6 (d) は、ゴブ G_g をプレス成形してガラスブランク G が作られた状態を示す図である。

図 6 (a) に示すように、ブロック 181, 182 によって作られる凹部 180C が溶融ガラス流出口 111 から流出する溶融ガラス L_g を受け止め、図 6 (b) に示すように、所定のタイミングでブロック 181, 182 を溶融ガラス L_g の流れの下流側に素早く移動させる。これにより、溶融ガラス L_g が切断される。この後、所定のタイミングで、図 6 (c) に示すように、ブロック 181, 182 が離間する。これにより、ブロック 181, 182 で保持されている溶融ガラス L_g は一度に落下し、ゴブ G_g は、溶融ガラス L_g の表面張力により球状になる。球状のゴブ G_g は、落下途中、図 6 (d) に示すように、第 1 の型 121 と第 2 の型 122 とに挟まれてプレス成形されることにより、円形状のガラスブランク G が作製される。

[0065] 図 7 (a) ~ (c) は、ゴブ G_g との代わりに図示されない軟化炉で加熱した光学ガラスの塊 C_p を落下させ、落下途中の両側から型 221, 222 で挟

んでプレス成形する変形例を説明する図である。図7（a）は、加熱した光学ガラスの塊を成形する前の状態を示す図であり、図7（b）は、光学ガラスの塊を落下する状態を示す図であり、図7（c）は、光学ガラスの塊をプレス成形してガラスブランクGが作られた状態を示す図である。

図7（a）に示すように、装置201は、光学ガラスの塊C_pをガラス材把持機構212でプレスユニット220の上部の位置に搬送し、この位置で、図7（b）に示すように、ガラス材把持機構212による光学ガラスの塊C_pの把持を開放して、光学ガラスの塊C_pを落下させる。光学ガラスの塊C_pは、落下途中、図7（c）に示すように、第1の型221と第2の型222とに挟まれて円形状のガラスブランクGが成形される。第1の型221及び第2の型222は、図5に示す第1の型121及び第2の型122と同じ構成及び作用をするので、その説明は省略する。

[0066] 図8（a）～（c）は、図4に示す実施形態の変形例を説明する図である。この変形例では、様々な形状の均熱部125を用いる。

図8（a）は、第1の型121の内周面121aと第2の型122の内周面122aの裏面の周縁部にそれぞれ設けられた均熱部125の間に、均熱部125より高い熱伝導率を有する第2均熱部126が設けられた状態を示す図である。図8（b）は、第1の型121の内周面121aと第2の型122の内周面122aの裏面の中央部のみに均熱部125が設けられた状態を示す図である。図8（c）は、第1の型121の内周面121aと第2の型122の内周面122aの裏面の中央部に向かう凹部が均熱部125に設けられた状態を示す図である。

なお、図8（a）～（c）では、概ね各内周面121a、122aの中央において、溶融ガラスをプレスする場合を例示するが、プレス成形中の溶融ガラスの位置が各内周面の中央部からずれている場合には、図8（a）の第2均熱部126、図8（b）の均熱部125、及び図8（c）の凹部の位置は、そのずれに応じて設定位置が調整されてよい。

図8（a）に示すように、第2均熱部126は、第1の型121の内周面

1 2 1 a と第 2 の型 1 2 2 の内周面 1 2 2 a の裏面それぞれの中央部分に設けられている。ここで、第 2 均熱部 1 2 6 としては、例えば均熱部 1 2 5 がアルミニウム又はアルミニウム合金であった場合には、銅又は銅合金等が用いられる。第 2 均熱部 1 2 6 が用いられることにより、プレス成形時において内周面 1 2 1 a, 1 2 2 a の中央部に籠る熱が、均熱部 1 2 5 よりも熱伝導効率の良い第 2 均熱部 1 2 6 を介して外部に排出される。また、ゴブ G_6 から内周面 1 2 1 a, 1 2 2 a の周縁部に伝わる熱は、均熱部 1 2 5 を介して外部に排出される。このようにして、プレス成形時における内周面の内部の温度差を低減することができる。

また、図 8 (b) に示すように、各内周面 1 2 1 a, 1 2 2 a の裏面の中央部のみに均熱部 1 2 5 が設けられている場合には、プレス成形時において、内周面 1 2 1 a, 1 2 2 a の中央部に籠る熱が、均熱部 1 2 5 を介して外部に排出される。これにより、プレス成形時における内周面 1 2 1 a, 1 2 2 a それぞれの内部の温度差を低減することができる。なお、均熱部 1 2 5 の代わりに第 2 均熱部 1 2 6 を設けてもよい。

さらに、図 8 (c) に示すように、各内周面 1 2 1 a, 1 2 2 a の裏面の中央部に向かう凹部が均熱部 1 2 5 に設けられている場合には、例えば冷却作用を有する液体及び／または気体等を用いて凹部を冷却してもよい。この場合、内周面 1 2 1 a, 1 2 2 a の中央部が急冷されることにより、プレス成形時における内周面の内部の温度差を低減することができる。なお、例えば冷却作用を有する液体や気体等を用いて各内周面 1 2 1 a, 1 2 2 a の裏面の中央部を直接冷却できるように、均熱部 1 2 5 を形成してもよい。

また、図 8 (d) に示すように、第 1 及び第 2 の金型 1 2 1, 1 2 2 の裏面に複数の均熱部 1 2 5 が設けられるようにしてもよい。複数の均熱部 1 2 5 はヒートシンクであってもよい。この場合、均熱部 1 2 5 を一つ設けた場合と比較して、外部に対する均熱部の接触面積を大きくすることが可能になるため、ゴブ G_6 から内周面 1 2 1 a, 1 2 2 a に伝わる熱を、効率良く外部に排出することができる。

[0067] (b) スクライブ工程 (ステップ S 2 0)

次に、スクライブ工程について説明する。プレス成形工程の後、スクライブ工程では、成形されたガラスブランク G に対してスクライブが行われる。

ここでスクライブとは、成形されたガラスブランク G を所定のサイズのリング形状とするために、ガラスブランク G の表面に超鋼合金製あるいはダイヤモンド粒子からなるスクライバにより 2 つの同心円 (内側同心円および外側同心円) 状の切断線 (線状のキズ) を設けることをいう。2 つの同心円の形状にスクライブされたガラスブランク G は、部分的に加熱され、ガラスブランク G の熱膨張の差異により、外側同心円の外側部分および内側同心円の内側部分が除去される。これにより、円環状のガラス基板が得られる。

なお、ガラスブランクに対してコアドリル等を用いて円孔を形成することにより円環状のガラス基板を得ることもできる。

[0068] (c) 形状加工工程 (ステップ S 3 0)

次に、形状加工工程について説明する。形状加工工程では、スクライブ工程後のガラス基板の端部に対するチャンファリング加工 (外周端部および内周端部の面取り加工) を含む。チャンファリング加工は、スクライブ工程後のガラス基板の外周端部および内周端部において、主表面と、主表面と垂直な側壁部との間で、ダイヤモンド砥石により面取りを施す形状加工である。面取り角度は、主表面に対して例えば 40 ~ 50 度である。

[0069] (d) 固定砥粒による研削工程 (ステップ S 4 0)

固定砥粒による研削工程では、遊星歯車機構を備えた両面研削装置を用いて、形状加工工程後のガラス基板の主表面に対して研削加工 (機械加工) を行う。研削による取り代は、例えば数 μm ~ 100 μm 程度である (両面合わせた値。以下同じ)。両面研削装置は、上下一対の定盤 (上定盤および下定盤) を有しており、上定盤および下定盤の間にガラス基板が挟持される。そして、上定盤または下定盤のいずれか一方、または、双方を移動操作させることで、ガラス基板と各定盤とを相対的に移動させることにより、このガラス基板の両主表面を研削することができる。

なお、本実施形態のプレス成形工程では、極めて平面度の高いガラスブラ
ンクを作製できるため、この研削工程を行わなくてもよい。また、研削工程
の前に、研削工程で用いた装置と同様の両面研削装置及びアルミナ系遊離砥
粒を用いたラッピング工程を行ってもよい。

[0070] (e) 端面研磨工程 (ステップS 5 0)

次に、研削工程後のガラス基板の端面研磨が行われる。

端面研磨では、ガラス基板の内周端面及び外周端面をブラシ研磨により鏡
面仕上げを行う。このとき、酸化セリウム等の微粒子を遊離砥粒として含む
スラリーが用いられる。端面研磨を行うことにより、ガラス基板の端面での
塵等が付着した汚染、ダメージあるいはキズ等の損傷の除去を行うことによ
り、サーマルアスペリティの発生の防止や、ナトリウムやカリウム等のコロ
ージョンの原因となるイオン析出の発生を防止することができる。

[0071] (f) 第1研磨工程 (ステップS 6 0)

次に、端面研磨工程後のガラス基板の主表面に第1研磨が施される。第1
研磨による取り代は、例えば数 μm ～50 μm 程度である。第1研磨は、固
定砥粒による研削により主表面に残留したキズ、歪みの除去、微小な表面凹
凸（マイクロウェーブネス、粗さ）の調整を目的とする。第1研磨工程では
、研削工程で用いたものと同様の構造の両面研磨装置を用いて、研磨液を与
えながら研磨する。研磨液に含有させる研磨剤は、例えば、酸化セリウム砥
粒、あるいはジルコニア砥粒である。

[0072] なお、第1研磨工程では、ガラス基板の主表面について、表面粗さ(R a)
を0.5nm以下とし、かつマイクロウェーブネス(MV-R q)を0.5nm
以下とするように研磨を行う。ここで、マイクロウェーブネスは、主表面
全面の半径14.0～31.5mmの領域における波長帯域100～500
 μm の粗さとして算出されるRMS (R q) 値で表すことができ、例えば、
ポリテック社製のM o d e l - 4 2 2 4を用いて計測できる。

表面粗さは、J I S B 0 6 0 1 : 2 0 0 1により規定される算術平均粗
さRaで表され、0.006 μm 以上200 μm 以下の場合は、例えば、ミツ

トヨ社製粗さ測定機SV-3100で測定し、JIS B0633:2001で規定される方法で算出できる。その結果、粗さが $0.03\mu\text{m}$ 以下であった場合は、例えば、日本Veeco社製走査型プローブ顕微鏡（原子間力顕微鏡；AFM）ナノスコープで計測しJIS R1683:2007で規定される方法で算出できる。本願においては、 $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ 角の測定エリアにおいて、 512×512 ピクセルの解像度で測定したときの算術平均粗さRaを用いることができる。

[0073] (g) 化学強化工程（ステップS70）

次に、第1研磨工程後のガラス基板は化学強化される。

化学強化液として、例えば硝酸カリウム（60重量%）と硫酸ナトリウム（40重量%）の混合液等を用いることができる。化学強化工程では、化学強化液を例えば $300^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ に加熱し、洗浄したガラス基板を例えば $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ に予熱した後、ガラス基板を化学強化液中に例えば3時間～4時間浸漬する。

ガラス基板を化学強化液に浸漬することによって、ガラス基板の表層のリチウムイオン及びナトリウムイオンが、化学強化液中のイオン半径が相対的に大きいナトリウムイオン及びカリウムイオンにそれぞれ置換されることで表層部分に圧縮応力層が形成され、ガラス基板が強化される。なお、化学強化処理されたガラス基板は洗浄される。例えば、硫酸で洗浄された後に、純水等で洗浄される。

[0074] (h) 第2研磨工程（ステップS80）

次に、化学強化工程後のガラス基板に第2研磨が施される。第2研磨による取り代は、例えば $1\mu\text{m}$ 程度、具体的には、 $0.5\sim 2\mu\text{m}$ の範囲内とすることが好ましい。取り代がこの範囲より小さいと、表面粗さを十分に低減できない場合がある。また、この範囲より大きいと、端部形状の悪化（ダレ等）を招く場合がある。第2研磨は、主表面の鏡面研磨を目的とする。第2研磨では例えば、第1研磨で用いた研磨装置を用いる。このとき、第1研磨と異なる点は、遊離砥粒の種類及び粒子サイズが異なることと、樹脂ポリッ

シャの硬度が異なることである。

第2研磨に用いる遊離砥粒として、例えば、スラリーに混濁させたコロイダルシリカ等の微粒子（粒子サイズ：直径10～50nm程度）が用いられる。

研磨されたガラス基板を中性洗剤、純水、IPA等を用いて洗浄することで、磁気ディスク用ガラス基板が得られる。

第2研磨工程を実施することは必ずしも必須ではないが、ガラス基板の主表面の表面凹凸のレベルをさらに良好なものとする点で実施することが好ましい。第2研磨工程を実施することで、主表面の粗さ(Ra)を0.2nm以下、より好ましくは0.1nm以下かつ上記主表面のマイクロウェーブネス(MW-Rq)を0.3nm以下、より好ましくは0.1nm以下とすることができる。

[0075] 以上説明したように、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法によれば、熔融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形するプレス成形工程を含む。そのため、一对の金型の内周面の表面粗さを良好なレベル（例えば磁気ディスク用ガラス基板に求められる表面粗さ）に設定しておけば、その表面粗さが、プレス成形によって得られるガラスブランクの表面粗さとして形状転写されるため、ガラスブランクの表面粗さを良好なレベルとすることができる。また、プレス成形工程では、熔融ガラスのプレス中における金型のプレス成形面内の温度差を低減するための均熱手段を用いて、プレス成形を行ってよい。したがって、本実施形態のプレス成形工程で得られるガラスブランクは、その主表面の平面度および表面うねりを磁気ディスク用ガラス基板に求められるレベルとすることができるため、後工程で主表面の加工工程を要しない。このガラスブランクを基に所定の形状に形状加工されたガラス基板に対して化学強化が施されるが、本実施形態では化学強化によってガラス基板の平面度に対して悪化させることはない。そのため、最終的に得られる磁気ディスク用ガラス基板は薄型で高い機械的強度を備え、かつ従来よりも平面度および表面うねりが良好なものとなる。

[0076] [磁気ディスク]

以上の各工程を経て、磁気ディスク用ガラス基板が作製される。この磁気ディスク用ガラス基板を用いて、磁気ディスクは以下のようにして得られる。

磁気ディスクは、例えばガラス基板の主表面上に、主表面に近いほうから順に、少なくとも付着層、下地層、磁性層（磁気記録層）、保護層、潤滑層が積層された構成になっている。

例えば基板を、真空引きを行った成膜装置内に導入し、DCマグネトロンスパッタリング法にてAr雰囲気中で、基板主表面上に付着層から磁性層まで順次成膜する。付着層としては例えばCrTi、下地層としては例えばCrRuを用いることができる。磁性層としては、例えばCoPt系合金を用いることができる。また、L₁₀規則構造のCoPt系合金やFePt系合金を形成して熱アシスト磁気記録用の磁性層とすることもできる。上記成膜後、例えばCVD法によりC₂H₄を用いて保護層を成膜し、続いて表面に窒素を導入する窒化処理を行うことにより、磁気記録媒体を形成することができる。その後、例えばPFPE（パーフルオロポリエーテル）をディップコート法により保護層上に塗布することにより、潤滑層を形成することができる。

[0077] <第2の実施形態>

以下、本実施形態の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法および磁気ディスク用ガラス基板の製造方法について詳細に説明する。なお、本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板は、第1の実施形態の磁気ディスク用ガラス基板と同一である。また、以下の説明では、第1の実施形態の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法および磁気ディスク用ガラス基板の製造方法とは異なる部分についてのみ説明し、それ以外の重複説明については省略する。本実施形態では便宜上、第1の実施形態で「均熱部」と表記していた部材125を「温度制御部」と表記する。

[0078] 本実施形態のガラス基板においても、第1の実施形態で述べたアモルファ

スのアルミノシリケートガラスが好ましい。

- [0079] 本実施形態では、第1の実施形態の均熱部125と同様の構造の温度制御部125を備えたプレスユニット120によって溶融ガラスをプレス成形する。プレスユニット120は、第1の実施形態の均熱部125を温度制御部125と表記する以外は、第1の実施形態と同等の構成である。本実施形態において、温度制御部125は、金型のプレス成形面内の温度差を低減するための温度制御手段の一例である。温度制御部125は、均熱部125と同様に、銅、銅合金、アルミニウム、アルミニウム合金から構成してもよく、銀又は超々ジュラルミン等から構成されてもよい。
- [0080] 前述した図4(a)～(c)を再度参照して、本実施形態のプレス成形について説明すると以下のとおりである。
- [0081] 図4(a)に示されるように、溶融ガラス流出口111から、溶融ガラス材料 L_g が連続的に流出される。このとき、所定のタイミングで切断ユニット160を駆動し、切断刃161及び162によって溶融ガラス材料 L_g を切断する(図4(b))。これにより、切断された溶融ガラスは、その表面張力によって、概略球状のゴブ G_g となる。溶融ガラス材料 L_g の時間当たりの流出量及び切断ユニット160の駆動間隔の調整は、目標とするガラスブランクGの大きさ、板厚から定まる体積に応じて適宜行われてよい。
- [0082] 作られたゴブ G_g は、プレスユニット120の第1の型121と第2の型122の隙間に向かって落下する。このとき、ゴブ G_g が第1の型121と第2の型122の隙間に入るタイミングで、第1の型121と第2の型122が互いに近づくように、第1駆動部123及び第2駆動部124(図4参照)が駆動される。これにより、図4(c)に示されるように、第1の型121と第2の型122の間にゴブ G_g が捕獲(キャッチ)される。さらに、第1の型121の内周面(プレス成形面)121aと第2の型122の内周面(プレス成形面)122aとが、微小な間隔にて近接した状態になり、第1の型121の内周面121aと第2の型122の内周面122aの間に挟み込まれたゴブ G_g が、薄板状に成形される。なお、第1の型121の内周面121a

と第2の型122の内周面122aの間隔を一定に維持するために、第1の型121の内周面121aおよび第2の型122の内周面122aにはそれぞれ、突起121bおよび突起122bが設けられる。すなわち、突起121bおよび突起122bが当接することによって、第1の型121の内周面121aと第2の型122の内周面122aの間隔は一定に維持されて、板状の空間が作られる。

このプレス成形工程で一对の金型121, 122を用いてプレス成形するが、本実施形態におけるプレス成形では、ガラスブランクの外形は金型の形状によって規制されない。すなわち、図4(c)に示すように、閉型により引き伸ばされたゴブが突起121b, 122bまで到達することはない。

また、図4(c)に示すように、ゴブG₆から各内周面121a, 122aそれぞれの中央部に伝わる熱は、図中矢印で示す熱の流れに従い、温度制御部125を介して外部に排出される。

- [0083] 第1の型121及び第2の型122には、図示しない温度調節機構が設けられており、第1の型121及び第2の型122の温度は、溶融ガラスL₆のガラス転移点(T_g)よりも低い温度に保持されている。また、温度調節機構は、第1の型121の内周面121aと第2の型122の内周面122aの間に挟み込まれたゴブG₆の冷却速度を、ゴブG₆の面内（例えばゴブG₆の表面の周縁部と中央部）の温度差が低減するように制御する。この制御において、ゴブG₆の冷却速度は速められ又は抑制される。このため、温度調節機構は、冷却作用を有する液体や気体等の流路等から構成される冷却機構やヒータ等の加熱機構を有してもよい。また、温度制御部125を温度調節機構として構成してもよい。ゴブG₆の冷却速度が制御されることにより、ガラスブランクに対するアニール処理を不要とすることができる。例えば、冷却速度を遅くすることで面内歪の発生を抑制することができるが、これは以下の理由による。つまり、一般にガラスの熱伝導率は金属に比べて低く熱が内部で伝わり難いが、ガラスの熱を金型によって吸収する速度を遅くすることで、熱がガラスの内部で均一に伝わるための時間的余裕が生じ、ガラス内部の温度

差が小さくなるため、歪が生じ難くなるためである。なお、ゴブG₆の冷却速度の制御の一例については後述する。

さらに、プレス成形工程において、プレス成形は極めて短時間に終了し、広い面ですばやく冷却することができるため、金型が加熱されすぎることがなく、ガラスと金型が融着することがないため、第1の型121及び第2の型122に離型材を付着させる必要はない。

[0084] なお、ゴブG₆をプレス成形する際の金型の内周面の温度が実質的に均一な状態であれば、プレス成形後に得られるガラスブランクの平面度が良好なものとなるので好ましい。特に、内周面121a, 122aそれぞれの中央部分に籠り易くなるゴブG₆からの熱を効率良く外部に排出することにより、内周面（プレス成形面）の温度差を小さくすることが好ましい。これは、プレス成形時における金型の内周面の温度差を小さくすれば、内周面の中央部の温度と周縁部の温度がほぼ同一になることから、ゴブG₆の中央部と周縁部とをほぼ同時に固化させることができるためである。

また、内周面の中央部の温度と周縁部の温度がほぼ同一になることから、プレス成形面の周縁部分から中央部分への方角に向かう圧縮応力による内部歪み（面内歪）が、プレス成形されたガラスブランクに生じるのを防ぐことができる。

そこで、ガラスブランクのプレス中における金型の内周面の温度差を、温度制御部125を用いて低減することで、磁気ディスク用ガラス基板に要求される平面度を実現するとともに、ゴブG₆の中央部分と周縁部分とをほぼ同時に固化させることができるため面内歪の発生を抑制することができる。例えば、磁気ディスク用ガラス基板に要求される平面度を4 μmとしたならば、内周面の温度が実質的に均一な状態、例えば、中央部と周縁部との温度差が10℃以内とした状態でプレス成形を行うようにする。中央部と周縁部との温度差が0℃であるときが、ガラスブランクの面内歪の発生を防ぐのに最も良好となるが、上記温度差は、成形されるガラスブランクGの大きさやガラスの組成等に応じて適宜決定してよい。

なお、内周面の温度差は、型の内周面の表面から型の内部に 1 mm 移動した地点であって、内周面の中央部及び複数の周縁部のそれぞれに対応する地点（例えば、直径 75 mm のガラスブランクの中心位置に対応する地点と、その地点を中心とする半径約 30 mm の円周上の上下左右 4 つの地点）で、熱電対を用いて計測するときの中央部と各周縁部との温度の差分のうち最大となる温度の差分である。

また、本実施形態では、ゴブ G_6 の面内の温度差が低減するように前記溶融ガラスの冷却速度を制御しながらプレス成形を行うので、ゴブ G_6 の表面の中央部と周縁部とをほぼ同時に固化させることができる。従って、温度制御部 125 を設けなくてもよい。

[0085] なお、本実施形態においても、図 5 ～ 図 8 の構成と同様の構成を採ることができる。

[0086] 次に、図 9 を参照して、ゴブ G_6 の冷却速度の制御について説明する。図 9 は、プレス成形におけるゴブの温度の経時的变化の一例を示す図である。第 1 の型 121 の内周面 121 a と第 2 の型 122 の内周面 122 a の間に挟み込まれたゴブ G_6 の冷却速度が速すぎると、ゴブ G_6 の面内に温度差が生ずる。これは、以下の理由による。つまり、一般にガラスの熱伝導率は金属に比べて低く熱が内部で伝わり難いが、ガラスの熱を金型によって吸収する速度を早すぎると、熱がガラスの内部で均一に伝わるための時間的余裕がないためである。このとき、冷却に伴う収縮はゴブ G_6 の表面の周縁部が先行するため、ゴブ G_6 のプレス成形によって成形されたガラスブランクには、ゴブ G_6 の表面の周縁部から中央部に向かう残留応力による内部歪み（面内歪）が発生する。そこで、本実施形態では、プレス成形時におけるゴブ G_6 の温度がガラス転移点（ T_g ）から歪点まで下降する間、温度調節機構により冷却速度が制御される。図 9 に示す例では、直径 75 mm、厚さ 0.9 mm のガラスブランクを製造する際に、ゴブ G_6 の冷却速度は、ゴブ G_6 の温度がガラス転移点（ T_g ）から歪点に下降するまでの間、 $-8 \sim -2^\circ\text{C}/\text{秒}$ 程度の緩やかな冷却速度に制御される。この場合、ゴブ G_6 の面内の温度差が低減されることか

ら、ガラスブランクに発生する歪みの大きさを小さくすることができる。

なお、ゴブG₆の温度は、第1の型121の内周面121a及び第2の型122の内周面122aの表面から型の内部に1mm移動した地点であって、内周面121a及び内周面122aの互いに対向する地点（例えば、ガラスブランクの中心位置に対応する地点や内周面121a及び内周面122aの中心点）で、熱電対を用いて計測されてよい。

また、図9に示したゴブの温度の経時的変化は、ゴブG₆の冷却速度の制御の一例を説明するためのものであり、ゴブG₆の冷却速度は、ガラスの組成や、成形されるガラスブランクのサイズによって適宜制御されてよい。

[0087] このように、溶融ガラスのプレス中におけるゴブG₆の面内の温度差が低減するように溶融ガラスの冷却速度が制御されながら、プレス成形が行われる。これにより、溶融ガラスを、面内歪を生じさせることなく固化させることができる。従って、ガラスブランク内に生じた内部歪みを開放するためのアニール処理を省略することが可能になる。

なお、スクライブ工程以降の処理は、第1の実施形態と同様でよい。

[0088] 以上説明したように、本実施形態の磁気ディスク用ガラスブランク及び磁気ディスク用ガラス基板の製造方法によれば、溶融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形するプレス成形工程を含む。そのため、一对の金型の内周面の表面粗さを良好なレベル（例えば磁気ディスク用ガラス基板に求められる表面粗さ）に設定しておけば、その表面粗さが、プレス成形によって得られるガラスブランクの表面粗さとして形状転写されるため、ガラスブランクの表面粗さを良好なレベルとすることができる。また、プレス成形工程では、溶融ガラスのプレス中における溶融ガラスの冷却速度を制御しながら、プレス成形を行ってよい。このとき、溶融ガラスの面内の温度差が低減するように制御するとなおよい。したがって、本実施形態のプレス成形工程で得られるガラスブランクは、その主表面の表面粗さおよび平面度を磁気ディスク用ガラス基板に求められるレベルとすることができるため、後工程で主表面の加工工程を要しないようにすることもできる。このガラスブランクを基

に所定の形状に形状加工されたガラス基板に対して化学強化が施されるが、本実施形態では化学強化によってガラス基板の平面度に対して悪化させることはない。そのため、最終的に得られる磁気ディスク用ガラス基板は薄型で高い機械的強度を備え、かつ従来よりも平面度が高いものとなる。

また、本実施形態では、溶融ガラスの面内の温度差が低減するように溶融ガラスの冷却速度を制御することにより、面内歪を生じさせることなく溶融ガラスを固化させることができる。従って、本実施形態では、アニール処理が行われることなく、内部歪みが低減された磁気ディスク用ガラスブランク及び磁気ディスク用ガラス基板が得られる。

実施例

[0089] 以下に、本発明を実施例によりさらに説明する。但し、本発明は実施例に示す態様に限定されるものではない。

[0090] <第1の実施例>

・溶融ガラスの作製

以下の組成のガラスが得られるように原料を秤量し、混合して調合原料とした。この原料を溶融容器に投入して加熱、熔融し、清澄、攪拌して泡、未溶解物を含まない均質な溶融ガラスを作製した。得られたガラス中には泡や未溶解物、結晶の析出、溶融容器を構成する耐火物や白金の混入物は認められなかった。

[ガラスの組成]

酸化物基準に換算し、モル%表示で、 SiO_2 を50～75%、 Al_2O_3 を1～15%、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選択される少なくとも1種の成分を合計で5～35%、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及び ZnO から選択される少なくとも1種の成分を合計で0～20%、ならびに ZrO_2 、 TiO_2 、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 及び HfO_2 から選択される少なくとも1種の成分を合計で0～10%、有する組成からなるアモルファス

のアルミノシリケートガラス

[0091] 上記溶融ガラスを準備し、本発明のプレス成形方法（図3、図4の装置を

用いた方法)を用いて、直径75mm、厚さ0.9mmのガラスブランクを作製した。溶融ガラス流出口111から吐出される溶融ガラス材料 L_6 の温度は1300℃であり、この時の溶融ガラス材料 L_6 の粘度は700ポアズである。また、第1の型及び第2の型の内周面の表面粗さ(算術平均粗さ R_a)は、面内で0.01 μm ~1 μm とした。具体的には、0.1 μm とした。さらに、第1の型及び第2の型は超硬合金(VM40)で構成されている。また、均熱部として銅を用いた。

溶融ガラス流出口111から吐出される溶融ガラス材料 L_6 は、切断ユニット160によって切断され、直径約20mmのゴブ G_6 が形成される。ゴブ G_6 は、プレスユニットによって荷重3000kgfで、その温度が溶融ガラス材料のガラス転移温度(T_g)以下となるまで(約3秒)プレスされ、直径75mmのガラスブランクが形成された。

なお、プレス中の型の内周面内の温度差は、型の内周面の表面から型の内部に1mm移動した地点であって、内周面の中央部及び複数の周縁部のそれぞれに対応する地点(具体的には、直径75mmのガラスブランクの中心位置に対応する地点と、その地点を中心とする半径約30mmの円周上の上下左右4つの地点)において、熱電対を用いて計測された各地点の温度のうち中央部と各周縁部との温度の差分を算出することによりもとめられる。また、実施例では、中央部と各周縁部との温度の差分のうち最大となる温度の差分を、型の内周面内の中央部と周縁部との温度差とした。

この実施例では、磁気ディスク用ガラス基板に要求される平面度を4 μm 以下とした場合に、この平面度を実現すべく、各プレスユニットにおいて第1の型及び第2の型の温度差は、10℃以内とした。具体的には、第1の型の温度を420℃とし、第2の型の温度を411~429℃とした。

[0092] [実施例のガラスブランクの評価]

実施例で作製された直径約75mmの板状のガラスブランクについて、平面度および表面粗さ(算術平均粗さ R_a)を測定した。

表面うねりは、ここでは形状波長5mm以下の成分でガラスブランクの主

表面（全面）を測定した場合のP V 値（Peak-Valley値：最大高低差）と定義した。表面うねりは、例えば白色光干渉顕微鏡型表面形状測定器であるフェイズシフト社製OPTIFLATを用いて測定することができる。ただし、端部近傍の部分等、光の反射率が低下して正しく測定できない部分のデータについては除く必要がある。そのような場合は、例えば、測定領域を直径65 mmの円としてもよい。なお、他の測定機を用い、カットオフ値を5 mmにて、5 mmより長い波長のうねりをカットすることにより、表面うねりを算出してもよい。表1に示す表面うねりの評価基準は、以下のとおりである。

以下の基準において、ガラスブランクの表面うねりが30 nmより大きければ研削工程を実施して表面うねりを30 nm以下まで低減する必要がある。表面うねりが10 nmより大きく且つ30 nm以下であるガラスブランクの場合には、研削工程を省略することができるので好ましいが、品質を安定させるために研磨工程における取り代を増大させる必要があるので、生産性の観点から表面うねりが10 nm以下のガラスブランクよりも劣る。また、表面うねりが10 nm以下のガラスブランクの場合は、研削工程を省略することができ、さらに研磨工程における取り代を少なくすることができるので、最も好ましい。

◎：表面うねりが10 nm以下

○：表面うねりが10 nmより大きく30 nm以下

×：表面うねりが30 nmより大きい

[0093] 表面粗さは、JIS B0601：2001により規定される算術平均粗さRaで表され、0.006 μm以上200 μm以下の場合は、例えば、ミットヨ社製粗さ測定機SV-3100で測定し、JIS B0633：2001で規定される方法で算出できる。その結果粗さが0.03 μm以下であった場合は、例えば、日本Veeco社製走査型プローブ顕微鏡（原子間力顕微鏡；AFM）ナノスコープで計測しJIS R1683：2007で規定される方法で算出できる。本願においては、10 μm×10 μm角の測定

エリアにおいて、 256×256 ピクセルの解像度で測定したときの算術平均粗さ R_a を用いた。その結果、ガラスブランクの表面粗さについてはすべての例において $0.5 \mu m$ 以下であった。これは、型の温度とは無関係に、第1の型及び第2の型の内周面がガラスブランクに形状転写されるため、ガラスブランクの表面粗さが第1の型及び第2の型の内周面の表面粗さと同等となるためである。なお、算術平均粗さ R_a が $0.1 \mu m$ 以下であれば、主表面に対する研削工程を省略して直接研磨工程を行うことで、目標とする磁気ディスク用ガラス基板の表面性状を得ることができる。

[0094] [表1]

	型及び均熱部の厚み寸法	型の内周面の中央部と周縁部との温度差	表面うねり	表面うねりの評価
比較例	型：8 mm 均熱部：なし	$20^\circ C$	38 nm	×
実施例 1	型：8 mm 均熱部：8 mm	$9^\circ C$	21 nm	○
実施例 2	型：8 mm 均熱部：26 mm	$1^\circ C$ 以内	9 nm	◎

[0095] 表1から、ガラスブランクをプレス成形する際に、一对の金型の内周面の中央部と周縁部の温度差を低減することにより、表面うねりの良好なガラスブランクが作製されることが分かる。特に、金型の厚み寸法に対して均熱部の厚み寸法を大きくした場合には、表面うねりが最も良好なガラスブランクが得られた。また、第1の型及び第2の型の内周面がガラスブランクに形状転写され、各例のガラスブランクの表面粗さについては、第1の型及び第2の型の内周面の表面粗さとほぼ同じであった。

[0096] [実施例の磁気ディスク用ガラス基板の作製]

上記比較例、実施例1、実施例2のガラスブランクを用い、図2に示したステップS20（スクライプ）→S30（形状加工）→S50（端面研磨）→S60（第1研磨）→S70（化学強化）→S80（第2研磨）の工程を順に行って、それぞれ磁気ディスク用ガラス基板を作製した。つまり、平面

度を向上させるための主表面の研削工程を行わずに磁気ディスク用ガラス基板を作製した。

なお、上記磁気ディスク用ガラス基板の作製に当たっては、第1研磨、第2研磨の各工程は、以下の条件で行った。

- ・第1研磨工程：酸化セリウム（平均粒子サイズ；直径1～2 μm ）、硬質ウレタンパッドを使用して研磨した。取り代10 μm 。

- ・第2研磨工程：コロイダルシリカ（平均粒子サイズ；直径0.1 μm ）、軟質ポリウレタンパッドを使用して研磨した。取り代1 μm 。

[0097] 次に、比較例、実施例1、実施例2のガラスブランクを元にして作製された磁気ディスク用ガラス基板に記録層を成膜して磁気ディスクを作製した（それぞれ順に、比較例A、実施例1A、実施例2A）。作製した磁気ディスクは公称2.5インチサイズ（内径20mm、外径65mm、板厚0.8mm）である。

なお、磁気ディスク用ガラス基板に対する記録層の成膜は以下の通り行った。まず、真空引きを行った成膜装置を用い、DCマグネトロンスパッタリング法にてAr雰囲気中で、基板上に付着層／軟磁性層／前下地層／下地層／主記録層／補助記録層／保護層／潤滑層を順次成膜した。なお、断らない限り成膜時のArガス圧は0.6Paで行った。付着層としては、Cr-50Tiを10nm成膜した。軟磁性層としては、0.7nmのRu層を挟んで、92Co-3Ta-5Zrをそれぞれ20nm成膜した。前下地層としては、Ni-5Wを8nm成膜した。下地層としては、0.6PaでRuを10nm成膜した上に5PaでRuを10nm成膜した。主記録層としては、3Paで90（72Co-10Cr-18Pt）-5（SiO₂）-5（TiO₂）を15nm成膜した。補助記録層としては、62Co-18Cr-15Pt-5Bを6nm成膜した。保護層としては、CVD法によりC₂H₄を用いて4nm成膜し、表層を窒化処理した。潤滑層としては、ディップコート法によりPFPEを用いて1nm形成した。

[0098] [実施例の磁気ディスクの評価]

比較例、実施例 1、実施例 2 の磁気ディスクを対象として、クボタコンプス社製 H D F テスター (Head/Disk Flyability Tester) を用いて、D F H (Dynamic Fly height) ヘッド素子部のタッチダウン試験 (D F H タッチダウン試験) を行った。この試験は、D F H 機構によって素子部を徐々に突き出していき、A E (Acoustic Emission) センサによって磁気ディスク表面との接触を検知することによって、ヘッド素子部が磁気ディスク表面と接触するときの突き出し量を評価するものである。ヘッドは 3 2 0 G B / P 磁気ディスク (2.5 インチサイズ) 向けの D F H ヘッドを用いた。素子部の突き出しがない時の浮上量は 1 0 n m である。すなわち、例えば突き出し量が 8 n m のとき、ヘッド浮上量は 2 n m となる。また、その他の条件は以下の通り設定した。

- ・評価半径 : 2 2 m m
- ・磁気ディスクの回転数 : 5 4 0 0 r p m
- ・温度 : 2 5 °C
- ・湿度 : 6 0 %

[0099] D F H タッチダウン試験の結果を表 2 に示す。なお、表 2 において、ヘッド素子部の突き出し量に応じて以下の通り評価した。なお、3 2 0 G B / P 以上の記録密度を達成するためには、突き出し量を 8 n m 以上とすることが好ましい。

○ : (突き出し量) $\geq$ 8 n m

× : (突き出し量) $<$ 8 n m

[0100] [表2]

	突き出し量 の評価
比較例 A	×
実施例 1 A	○
実施例 2 A	○

[0101] 表 2 から明らかなように、実施例 1 A および実施例 2 A については、研削工程を省略しても D F H ヘッドの突き出し量を十分大きくすることができた

。すなわち、実施例 1 A および実施例 2 A については、金型面内の温度差を 10°C 以下としたことで、研削工程を省略しても平面度、表面粗さともに良好で、かつ媒体化した際に良好な DFH タッチダウン試験結果が得られる磁気ディスク用ガラス基板が製造できることが確認できた。

実施例 1 A と実施例 2 A についてさらに詳細に比較したところ、実施例 2 A のみ突き出し量を 8.5 nm 以上とすることができた。これはガラスブランクの時点での表面うねりがより小さかったため、磁気ディスク用ガラス基板においても表面うねりが小さくなったためであると考えられる。

[0102] <第 2 の実施例>

・熔融ガラスの作製

以下の組成のガラスが得られるように原料を秤量し、混合して調合原料とした。この原料を熔融容器に投入して加熱、熔融し、清澄、攪拌して泡、未熔融物を含まない均質な熔融ガラスを作製した。得られたガラス中には泡や未熔融物、結晶の析出、熔融容器を構成する耐火物や白金の混入物は認められなかった。

[ガラスの組成]

・第 1 のガラス

酸化物基準に換算し、モル％表示で、 SiO_2 を $50\sim75\%$ 、 Al_2O_3 を $1\sim15\%$ 、 Li_2O 、 Na_2O 及び K_2O から選択される少なくとも 1 種の成分を合計で $5\sim35\%$ 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 及び ZnO から選択される少なくとも 1 種の成分を合計で $0\sim20\%$ 、ならびに ZrO_2 、 TiO_2 、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 及び HfO_2 から選択される少なくとも 1 種の成分を合計で $0\sim10\%$ 、有する組成（以下、第 1 のガラス組成という）からなるアモルファスのアルミノシリケートガラス

また、熱アシスト磁気記録方式用のガラスブランク、ガラス基板、磁気ディスクを作製する場合のガラスとして、以下の第 2 のガラスの組成とした。

・第 2 のガラス

酸化物基準に換算し、モル％表示で、 SiO_2 を $50\sim75\%$ 、 Al_2O_3 を

0～5%、 Li_2O を0～3%、 ZnO を0～5%、 Na_2O 及び K_2O を合計で3～15%、 CaO 、 MgO 、 SrO 及び BaO を合計で14～35%、 ZrO_2 、 TiO_2 、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Yb_2O_3 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 及び HfO_2 を合計で2～9%有する組成（以下、第2のガラス組成という）からなるアモルファスのアルミノシリケートガラス

さらに、第1のガラスの組成は、磁気デイスク用ガラス基板の温度が100～300℃の場合における熱膨張係数が $9.8 \times 10^{-7} \text{ (K}^{-1}\text{)}$ となるように構成した。また、第2のガラスの組成は、磁気デイスク用ガラス基板の温度が100～300℃の場合における熱膨張係数が $8.0 \times 10^{-7} \text{ (K}^{-1}\text{)}$ となるように構成した。熱膨張係数が $5.0 \times 10^{-7} \text{ (K}^{-1}\text{)}$ 以下の場合には、プレス成形後のガラスブランクに生じる内部歪みが小さくなる傾向にあるため、後述の急加熱処理を行った後の平面度の劣化度は小さくなる。なお、熱膨張係数が $3.0 \times 10^{-7} \text{ (K}^{-1}\text{)}$ 未満の場合には、ハードデイスク装置内のスピンドルよりも熱膨張係数が小さくなる。この場合、ハードデイスク装置の稼動中に、磁気デイスクとスピンドルとが強く嵌合することにより磁気デイスクが割れるおそれがあるため、好ましくない。

また、熱アシスト磁気記録方式用のガラスブランク、ガラス基板、磁気デイスクを作製する場合には、ガラス転移点（ T_g ）が600℃以上となるようにガラスを組成することが好ましい。これは、ガラス転移点（ T_g ）が高いほど熔融状態から固化するまで（ T_g 付近）の時間が短く、かつ冷却速度が速い傾向にあるため、内部歪の制御が一般的に困難であり、このようなガラスを使用する場合に特に、本発明の製造方法を適用することが好ましいとめである。そこで、実施例4B～6Bのガラス転移点（ T_g ）を670℃とした。

また、各実施例の熱膨張係数は、 $5.0 \sim 1.00 \times 10^{-7} \text{ (K}^{-1}\text{)}$ の範囲内であった。

[0103] 上記熔融ガラスを準備し、本発明のプレス成形方法（図3、図4の装置を用いた方法）を用いて、直径75mm、厚さ0.9mmのガラスブランクを

作製した。溶融ガラス流出口 1 1 1 から吐出される溶融ガラス材料 L_g の温度は 1300°C であり、この時の溶融ガラス材料 L_g の粘度は 700 ポアズである。また、第 1 の型及び第 2 の型の内周面の表面粗さ（算術平均粗さ R_a ）は、 $0.1\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ とした。さらに、第 1 の型及び第 2 の型は厚さ 10mm の超硬合金（ VM40 ）で構成されている。

また、温度制御部として、厚さ 20mm の銅を用いた。この場合、金型の内周面の温度差は 10°C 以内となる。内周面の温度差は、型の内周面の表面から型の内部に 1mm 移動した地点であって、内周面の中央部及び複数の周縁部のそれぞれに対応する地点（例えば、直径 75mm のガラスブランクの中心位置に対応する地点と、その地点を中心とする半径約 30mm の円周上の上下左右 4 つの地点）で、熱電対を用いて計測するときの中央部と各周縁部との温度の差分のうち最大となる温度の差分である。

溶融ガラス流出口 1 1 1 から吐出される溶融ガラス材料 L_g は、切断ユニット 160 によって切断され、直径約 20mm のゴブ G_g が形成される。ゴブ G_g は、プレスユニットによって荷重 3000kgf で、その温度が溶融ガラス材料の歪点以下となるまで（約 5 秒）プレスされ、直径 75mm のガラスブランクが形成された。

この実施例では、第 1 の型の温度を歪点 -20°C とし、第 2 の型の温度を第 1 の型の温度 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ （歪点 $-10\sim -30^{\circ}\text{C}$ ）とした。なお、型の最低温度を歪点 -30°C としたのは、あまりにも低い温度でプレスするとプレス時にガラスが割れてしまう可能性があるためである。

また、この実施例では、プレス成形時における溶融ガラス材料の冷却速度が、溶融ガラス材料の温度がガラス転移点（ T_g ）から歪点に移行するまでの間、 $-8\sim -2^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ で任意に制御されることが好ましい。この冷却速度は、金型の内周面の表面から金型の内部に 1mm 移動した地点で温度をプレス開始前から金型が離れた後も含めて 60 秒間計測し、この計測時間に対する温度変化の割合のうち、具体的には、検出された温度のうちガラスのガラス転移点（ T_g ）の温度から歪点の温度までの間の時間における温度変化を

算出することによりもとめられる。なお、本発明においては、上記検出された温度とガラスブランクの温度は同じである。

[0104] 〔実施例および比較例〕

・ 比較例 1 B

表 3 に示す比較例 1 B では、第 1 のガラスの組成からなる溶融ガラスを用いてガラスブランクを作製した。この溶融ガラスのガラス転移点 (T_g) は 510°C であり、歪点は 490°C である。また、溶融ガラス材料の冷却速度を $-12^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ に制御した。

・ 比較例 2 B

表 3 に示す比較例 2 B では、第 1 のガラスの組成からなる溶融ガラスを用いてガラスブランクを作製した。また、溶融ガラス材料の冷却速度を $-16^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ に制御した。

・ 実施例 1 B

表 3 に示す実施例 1 B では、第 1 のガラスの組成からなる溶融ガラスを用いてガラスブランクを作製した。また、溶融ガラス材料の冷却速度を $-2^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ に制御した。

・ 実施例 2 B

表 3 に示す実施例 2 B では、第 1 のガラスの組成からなる溶融ガラスを用いてガラスブランクを作製した。また、溶融ガラス材料の冷却速度を $-4^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ に制御した。

・ 実施例 3 B

表 3 に示す実施例 3 B では、第 1 のガラスの組成からなる溶融ガラスを用いてガラスブランクを作製した。また、溶融ガラス材料の冷却速度を $-8^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ に制御した。

・ 実施例 4 B

表 3 に示す実施例 4 B では、第 2 のガラスの組成からなる溶融ガラスを用いてガラスブランクを作製した。また、溶融ガラス材料の冷却速度を $-2^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ に制御した。

・実施例 5 B

表 3 に示す実施例 5 B では、第 2 のガラスの組成からなる溶融ガラスを用いてガラスブランクを作製した。また、溶融ガラス材料の冷却速度を -4°C

／秒に制御した。

・実施例 6 B

表 3 に示す実施例 6 B では、第 2 のガラスの組成からなる溶融ガラスを用いてガラスブランクを作製した。また、溶融ガラス材料の冷却速度を -8°C

／秒に制御した。

[0105] なお、ガラス転移点 (T_g) の温度から歪点の温度までの間の冷却速度の制御は、プロセスユニットを断熱材で覆い、その断熱材の材料や厚みを調整することによって行った。

[0106] [実施例のガラスブランクの評価]

まず、実施例で作製された直径 7.5 mm のガラスブランクの平面度を測定した。次に、ガラスブランクに対して、室温から T_g まで 20 秒で昇温する急加熱処理を行い、10 秒間保持した後、ガラスブランクが室温になるまで 10 分かけて緩やかに冷却した後の平面度および表面粗さ (算術平均粗さ R_a) を測定するとともに、急加熱処理前後の変面度の変化量をもとめた。この急加熱処理は、熱アシスト磁気記録方式での成膜処理を想定したものである。

平面度は、ガラスブランクを水平面上に置き、水平面からの法線軸上で一定の高さから見たときのガラスブランクの主平面上における最も低い位置 (谷) と最も高い位置 (山) の法線軸上の高さの差として定義することができる。例えば Nidek 社製フラットネススター FT-900 を用いて測定した。表 3 に示す平面度の評価基準は、以下のとおりである。以下の基準において、ガラスブランクの平面度が $8.0\ \mu\text{m}$ 以下であれば研削工程にて平面度を磁気ダイヤモンド用ガラス基板の目標平面度である $4\ \mu\text{m}$ 以下のレベルまで改善できる点でよい。また、ガラスブランクの平面度が $4.0\ \mu\text{m}$ 以下であれば、研削工程を省略しても磁気ダイヤモンド用ガラス基板の目標平面度を達成

できることになるためコスト低減になってさらに良い。

[0107] 表面粗さは、J I S B 0 6 0 1 : 2 0 0 1 により規定される算術平均粗さ R_a で表され、 $0.006\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下の場合は、例えば、ミツトヨ社製粗さ測定機 $SV-3100$ で測定し、J I S B 0 6 3 3 : 2 0 0 1 で規定される方法で算出できる。その結果粗さが $0.03\mu\text{m}$ 以下であった場合は、例えば、日本 $VeeCo$ 社製走査型プローブ顕微鏡（原子間力顕微鏡； AFM ）ナノスコープで計測し J I S R 1 6 8 3 : 2 0 0 7 で規定される方法で算出できる。本願においては、 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 角の測定エリアにおいて、 256×256 ピクセルの解像度で測定したときの算術平均粗さ R_a を用いた。その結果、ガラスブランクの表面粗さについてはすべての例において $0.5\mu\text{m}$ 以下であった。これは、型の温度とは無関係に、第1の型及び第2の型の内周面がガラスブランクに形状転写されるため、ガラスブランクの表面粗さが第1の型及び第2の型の内周面の表面粗さと同等となるためである。なお、算術平均粗さ R_a が $0.1\mu\text{m}$ 以下であれば、主表面に対する研削工程を省略して直接研磨工程を行うことで、目標とする磁気ディスク用ガラス基板の表面性状を得ることができる。

[0108] [表3]

	ガラス 転移点 (T_g)	歪点	冷却速度	加熱前の 平面度	加熱後の 平面度	加熱前後 の平面度 の変化量
比較例 1B	510°C	490°C	$-12^\circ\text{C}/\text{秒}$	$3.8\mu\text{m}$	$8.8\mu\text{m}$	$5.0\mu\text{m}$
比較例 2B	510°C	490°C	$-16^\circ\text{C}/\text{秒}$	$4.0\mu\text{m}$	$14.1\mu\text{m}$	$10.1\mu\text{m}$
実施例 1B	510°C	490°C	$-2^\circ\text{C}/\text{秒}$	$3.8\mu\text{m}$	$3.9\mu\text{m}$	$0.1\mu\text{m}$
実施例 2B	510°C	490°C	$-4^\circ\text{C}/\text{秒}$	$2.8\mu\text{m}$	$3.2\mu\text{m}$	$0.4\mu\text{m}$
実施例 3B	510°C	490°C	$-8^\circ\text{C}/\text{秒}$	$3.1\mu\text{m}$	$3.9\mu\text{m}$	$0.8\mu\text{m}$
実施例 4B	670°C	660°C	$-2^\circ\text{C}/\text{秒}$	$3.5\mu\text{m}$	$3.6\mu\text{m}$	$0.1\mu\text{m}$
実施例 5B	670°C	660°C	$-4^\circ\text{C}/\text{秒}$	$3.1\mu\text{m}$	$3.4\mu\text{m}$	$0.3\mu\text{m}$
実施例 6B	670°C	660°C	$-8^\circ\text{C}/\text{秒}$	$2.9\mu\text{m}$	$3.5\mu\text{m}$	$0.6\mu\text{m}$

[0109] 表3から、ガラスブランクをプレス成形する際に、溶融ガラスの冷却速度を制御することにより、平面度の良好なガラスブランクが得られることがわかった。これは、プレス成形によって、内部歪みが低減されたガラスブラン

クが作製されたことを表している。特に、ガラス転移点から歪点までの溶融ガラスの冷却速度を $-8 \sim -2^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ に制御した場合には、加熱前後において平面度の良好なガラスブランクが得られた。すなわち1秒間あたりの温度低下が 10°C 以下であれば、平面度の変化量が $1\mu\text{m}$ 以下に抑制された。さらに、冷却速度が $-2^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ に制御された場合には、加熱前後の平面度の変化量が最も良好なガラスブランクが得られた。

また、実施例2B、3Bと、実施例5B、6Bを比較して明らかなように、同じ冷却速度の場合では、ガラス転移点(T_g)が 670°C の場合の方が加熱前後の平面度の変化量は小さくすることができた。理由は必ずしも明確ではないが、これは第2のガラスの方が熱膨張係数が小さかったためと考えられる。

上述したように、このガラスブランクを用いることにより、アニール処理を行うことなく内部歪みが低減された磁気ディスク用ガラス基板及び磁気ディスクを得ることが可能となる。

なお、ガラス組成を調整してガラス転移点(T_g): 600°C (歪点: 590°C 、熱膨張係数: $85 \times 10^{-7}(\text{K}^{-1})$)と、ガラス転移点(T_g): 650°C (歪点: 640°C 、熱膨張係数: $81 \times 10^{-7}(\text{K}^{-1})$)のガラスを用いたほかは、実施例3Bと同じ条件にて同様に評価した結果、加熱前後の平面度の変化量はそれぞれ $0.7\mu\text{m}$ 、 $0.6\mu\text{m}$ であった。よって、加熱前後の変化量で比較すると、ガラス転移点(T_g)が(1) 670°C 、 650°C 、(2) 600°C 、(3) 510°C の順に変化量が少なく良好であった。

[0110] <第3の実施例>

上述した第1の実施形態と第2の実施形態とでは同一の部材(均熱部125、温度制御部125)を用いてプレス成形時のプレス成形面内の温度を制御することができるため、第1の実施形態と第2の実施形態とを組み合わせた形で、ガラスブランクを作製することができる。具体的には、実施例1B～6Bについて、ガラスブランクの離型時のプレス成形面の中央部と周縁部との温度差を測定したところ、 $4 \sim 6^{\circ}\text{C}$ の範囲内であり、いずれの場合も1

0℃以下となった。また、表面うねりも15～19nmであった。また、加熱前後の平面度の変化量は変わらなかった。つまり、表面うねりも良好で、かつ加熱前後の平面度の変化量も良好なガラスブランクが作製できた。これは、熔融ガラスがプレス成形面に接触した直後には、熔融ガラスの中央部と周縁部で温度差が生ずるものの、接触を開始してから離型時にかけて熔融ガラスの中央部と周縁部において面内の歪みが除去されるように冷却速度が制御され、離型時では両部の温度差が少なくなるように制御されたためである。

[0111] 以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法、磁気ディスク用ガラスブランク、磁気ディスク用ガラス基板及び磁気ディスクは上記実施形態に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのは勿論である。

符号の説明

[0112] 1…磁気ディスク用ガラス基板
125…均熱部、温度制御部
126…第2均熱部、第2温度制御部

請求の範囲

[請求項1] 溶融ガスの塊を一对の金型を用いてプレス成形して板状のガラス

素材を得る成形工程を含む磁気ディスプレイ用ガラスブロックの製造方法であって、

前記成形工程では、板状のガラス素材の表面うねりが30mm以内となるようにプレス成形面内の温度差を制御することを特徴とする磁気ディスプレイ用ガラスブロックの製造方法。

[請求項2] 前記均熱手段は、前記プレス成形面から排熱及び／または前記プレス成形面を加熱することにより、プレス成形面内の温度差を低減する、請求項1に記載の磁気ディスプレイ用ガラスブロックの製造方法。

[請求項3] 前記均熱手段は、ヒートシンクである、請求項1又は2に記載の磁気ディスプレイ用ガラスブロックの製造方法。

[請求項4] 前記ヒートシンクは、前記プレス成形面の裏面の少なくとも一部に設けられる、請求項3に記載の磁気ディスプレイ用ガラスブロックの製造方法。

[請求項5] 前記ヒートシンクは、プレス成形中の溶融ガスの中央部が周縁部よりも排熱量が大きくなるように設けられていることを特徴とする、請求項4に記載の磁気ディスプレイ用ガラスブロックの製造方法。

[請求項6] 前記成形工程では、落下中の前記溶融ガスの塊を、その落下方向と直交する方向から前記一对の金型を用いてプレス成形する、請求項1～5の何れか1項に記載の磁気ディスプレイ用ガラスブロックの製造方法。

[請求項7] 前記成形工程では、前記金型のプレス成形面の温度が、前記一对の金型間で実質的に同一の温度となるようにプレス成形する、請求項1～6の何れか1項に記載の磁気ディスプレイ用ガラスブロックの製造方法。

[請求項8] プレス成型後に得られるガラスブロックの100℃～300℃の熱膨張係数が $30 \sim 100 \times 10^{-7} (K^{-1})$ の範囲内である、請求項1

～ 7 の何れか 1 項に記載の磁気ディスク
用ガラスブランクの製造方法。

[請求項9] 前記金型のプレス成形面の表面粗さは、面内で実質的に同一であることを特徴とする、請求項 1 ～ 8 の何れか 1 項に記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。

[請求項10] 請求項 1 ～ 9 の何れか 1 項に記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法により製造されたガラスブランクに対して、取り代 $50\mu\text{m}$ 以下の研磨加工を施して磁気ディスク用ガラス基板を製造することを特徴とする、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項11] 請求項 1 ～ 9 の何れか 1 項に記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法によって得られた磁気ディスク用ガラスブランクを用いて磁気ディスク用ガラス基板を製造することを特徴とする、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。

[請求項12] 溶融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形することにより、板状のガラスブランクを得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、

上記成形工程では、上記溶融ガラスの温度が当該ガラスのガラス転移点から歪点まで冷却される間における冷却速度が $-10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以内となるように、上記溶融ガラスの冷却温度を制御しながらプレス成形を行うことを特徴とする磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。

[請求項13] 溶融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形することにより、板状のガラスブランクを得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、

上記成形工程では、溶融ガラスの塊が、板状のガラスブランクに固化する際に生じる面内の歪を低減すべく、上記溶融ガラスの温度が当該ガラスのガラス転移点から歪点まで冷却される間における冷却速度を制御しながらプレス成形を行うことを特徴とする磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。

- [請求項14] 溶融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形することにより、板状のガラスブランクを得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、
- 前記成形工程では、前記溶融ガラスのプレス中における前記溶融ガラスの面内の温度差が低減するように前記溶融ガラスの冷却速度を制御しながら、プレス成形を行うことを特徴とする磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。
- [請求項15] 前記成形工程では、前記一对の金型が閉じてから離間するまでの間、前記溶融ガラスの面内の温度差が低減するように前記溶融ガラスの冷却速度を制御しながら、プレス成形を行う、請求項12～14のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。
- [請求項16] 前記成形工程では、前記溶融ガラスのプレス中における前記溶融ガラスの温度がガラス転移点（ T_g ）から歪点になるまでの間、前記溶融ガラスの面内の温度差が低減するように前記溶融ガラスの冷却速度を制御しながら、プレス成形を行う、請求項12～15のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。
- [請求項17] 前記成形工程では、落下中の前記溶融ガラスの塊を、その落下方向と直交する方向から前記一对の金型を用いてプレス成形する、請求項12～16のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。
- [請求項18] 前記成形工程では、前記溶融ガラスのプレス中における前記金型のプレス成形面の温度が実質的に均一な状態でプレス成形する、請求項12～17のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。
- [請求項19] 前記成形工程では、前記金型のプレス成形面の温度が、前記一对の金型間で実質的に同一の温度となるようにプレス成形する、請求項12～18のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。

- [請求項20] ガラスブランクが金型に接触してから離れるまでの前記一对の金型の温度を、前記溶融ガラスのガラス転移点（ T_g ）未満の温度とする、請求項12～19のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。
- [請求項21] ガラス転移点（ T_g ）が600℃以上の溶融ガラスを用いて前記成形工程を行う、請求項12～20のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。
- [請求項22] 溶融ガラスの塊を一对の金型を用いてプレス成形して板状のガラス素材を得る成形工程を含む磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法であって、
前記成形工程では、板状のガラス素材の表面うねりが30nm以内となり、かつ上記溶融ガラスの温度が当該ガラスのガラス転移点から歪点まで冷却される間における冷却速度が $-10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以内となるように、上記溶融ガラスの冷却温度を制御しながらプレス成形を行うことを特徴とする磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法。
- [請求項23] 請求項12～22のいずれかに記載の磁気ディスク用ガラスブランクの製造方法によって得られた磁気ディスク用ガラスブランクを用いて、アニール処理を行わずに磁気ディスク用ガラス基板を製造することを特徴とする、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法。
- [請求項24] 請求項23に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法によって得られた磁気ディスク用ガラス基板であって、ガラス転移点（ T_g ）が600℃以上であることを特徴とする磁気ディスク用ガラス基板。
- [請求項25] 請求項23に記載の磁気ディスク用ガラス基板の製造方法によって得られた磁気ディスク用ガラス基板を用いて製造されたことを特徴とする磁気ディスク。